

基于信息流的体系作战效能动态评估

安超¹,李战武^{1,2},常一哲¹,杨海燕³,寇英信¹

1. 空军工程大学航空航天工程学院, 陕西 西安 710043
2. 西北工业大学电子信息学院, 陕西 西安 710072
3. 空军工程大学空管领航学院, 陕西 西安 710043

摘要: 在当前以信息系统为支撑的体系对抗中, 作战装备繁多且关系复杂, 传统的静态评估方法虽然具有计算简单和实时性高等优点, 但无法有效地反映装备节点间的关系, 也无法随着战场态势的改变而进行实时评估。针对此问题, 从作战体系中信息流动角度出发, 提出一种对战场整体兵力部署效能进行动态评估的方法。首先从信息流节点对抗的角度分析研究了作战体系结构。之后根据信息流对抗的特性, 将作战兵力划分为传感器类节点、指挥控制类节点和行动类节点三部分, 并根据每类节点主要作用选取相应的指标建立效能评估模型。最后对整个作战体系的效能进行实时动态仿真分析。结果表明该方法具有较好的可行性和实时性, 为体系作战效能评估提供了一种新思路。

关键词: 信息流; 体系作战; 效能; 动态评估

中图分类号: V221.23

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)04-0604-07

Dynamic Evaluation on the Efficiency of Combat System Based on Information Flow

AN Chao¹, LI Zhan-wu^{1,2}, CHANG Yi-zhe¹, YANG Hai-yan³, KOU Ying-xin¹

1. College of Aeronautical and Astronautical Engineering / Air Force Engineering University, Xi'an 710043, China
2. School of Electronics and Information / Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China
3. College of Air Traffic Control and Navigation / Air Force Engineering University, Xi'an 710043, China

Abstract: Nowadays, in the system combat based on information system, a large number of combat equipments with complex relations are applied in warfare. The traditional static assessment has the advantages of simplicity and high efficiency, but it cannot reflect the relations among different nodes and effectively correspond with the changing combat field situation. Aiming at this issue, a dynamic assessment method from the perspective of the information flow is put forward to assess the efficiency of the whole combat system. First, the structure of the combat systems is analyzed from the perspective of the confrontation of the information flow. Second, based on the confrontation of information flow, combat force is divided into three parts as sensor nodes, command and control nodes and operational nodes. Corresponding indexes of each function of different nodes are set up and effectiveness evaluation model is established. Third, a dynamic real time simulation is carried out on the effectiveness of the whole combat system. The simulation result shows that the proposed method is fairly feasible and has a good real time capability. Moreover, it is able to put forward new thoughts and method in the evaluation of system combat effectiveness.

Keywords: Information flow; system combat; efficiency; dynamic evaluation

随着信息技术的快速发展及其在军事中的广泛应用, 现代航空兵作战已不再是单个平台或多个平台之间的对抗, 而是以信息流为媒介的作战体系的对抗。信息流作为武器体系中的关键载体, 其既包括装备自身的信息交互, 又包括整个体系中敌我双方信息的有效传输与交互。从空战开始到结束, 信息的流动始终贯穿在作战体系之中, 掌握信息流的优势, 就能保证我方武器装备“先敌发现”、“先敌决策”、“先敌攻击”“先敌退出”, 也就掌握了战争的主动权。因此从信息流的角度出发, 对其进行动态效能分析, 对于现代体系作战具有重要的意义。

现代作战体系的效能评估, 是涉及到众多作战单元的复杂问题, 当前研究主要是集中在理论研究^[1-3]、指标确定^[4]和静态方法分析^[5]等方面, 静态效能评估大多利用数学模型构建优势函数, 通过己方和对方体系中的每个作战单元之间的相互优势关系对当前战场的态势和威胁进行评估, 不能适应快速变化的战场环境。目前少有从节点信息交互的底层——信息流对抗角度、对体系对抗作战效能进行统一评估的可行方法。本文在对信息流动的不同功能节点划分归类, 确定不同功能节点的效

收稿日期: 2016-05-16

修回日期: 2016-06-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61472441)

作者简介: 安超(1987-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要方向为先进航空火力控制原理与技术. E-mail:15339179079@163.com

能模型的基础上,提出一种基于实时性、精确性信息支持下的动态效能评估方法,以达到从形象性、实时性两方面完成对体系作战的效能评估的目的。

1 基于信息流的作战体系结构

现代的体系作战是战斗机、预警机、电子干扰机、地面雷达、地空导弹和指挥所等众多节点,经由通信装备进行信息的交互协同,而组成的一个有效的作战集合,如图 1 所示。

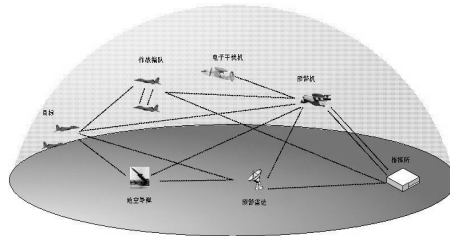


图 1 现代作战体系
Fig.1 Modern combat system

从作战的开始到结束,信息的流动始终贯穿在作战体系之中,因此可以看到,在信息流过程中占有优势,可以保证作战体系获取足够的信息支持,从而可以最大限度的发挥我方装备体系的效能,抑制敌方的效能,这是一个实时动态变化的过程。

信息流的对抗,落脚点就在于各装备节点功能的有效发挥,不同节点通过信息的流动,互相连接起来,不再是一个孤立的单元节点。由于各节点发挥的功能有相同或者相近的,将他们整合为一个整体来评判效能,比对单个节点进行效能计算能更好的反应真实情况,避免了效能的重复。基于此,本文将所有节点划分为传感器类节点、指挥控制类节点和行动类节点。

传感器类节点主要发挥传感器获取信息的功能,为武器装备体系收集、获取目标及战场环境信息的装备系统,具体包括情报收集、目标侦察、战场监视、自身信息的测量与处理以及毁伤评估等功能,是作战体系发挥效能的基础和前提。

指挥控制类节点主要通过对传感器类节点传输回来的信息进行整理和分析,由指挥人员做出决策,并指挥行动类节点进行攻击,是作战体系的关键和核心。

行动类节点主要对敌进行攻击任务,攻击任务不仅包括直接火力的硬打击还包括降低功能的软打击,从而达成抑制敌方信息感知和延缓攻击决策的目的,对作战体系整体效能有较大的影响,是作战体系的执行终端。

传感器类节点为指挥控制类节点提供决策依据,也可以直接用来支持作战行动;指挥控制类节点将作战决策以指令的形式直接传输给行动类节点,并根据战场实际情况对传感器类节点进行指挥;行动类节点将作战信息反馈给指挥控制类节点,等待下一步的行动,同时也可以直接将需求反馈给传感器类节点。三类节点通过信息流连接在一起,随着战场态势改变时刻发生着动态变化,任意阶段受到影响,都将使作战效能大打折扣,使战场形势更加不利,形成一个循环往复的过程。所以,建立如下图 2 所示的基于信息流节点对抗的作战体系结构框图:

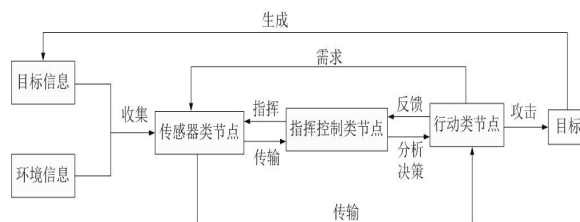


图 2 基于信息流的作战体系结构
Fig.2 The structure of combat system based on information flow

2 基于信息流的作战体系建模

整个作战体系的效能,分为传感器类节点效能、指挥控制类节点效能和行动类节点效能,建模

难点在于对各个节点信息特性的把握,既要满足全面高效,又不能重复冗余,由于功能节点组成复杂且关联紧密,故采用层次分析法,根据各组成因素的从属关系和重要程度将其分解为若干层级,建立如下图 3 所示效能评估指标体系:

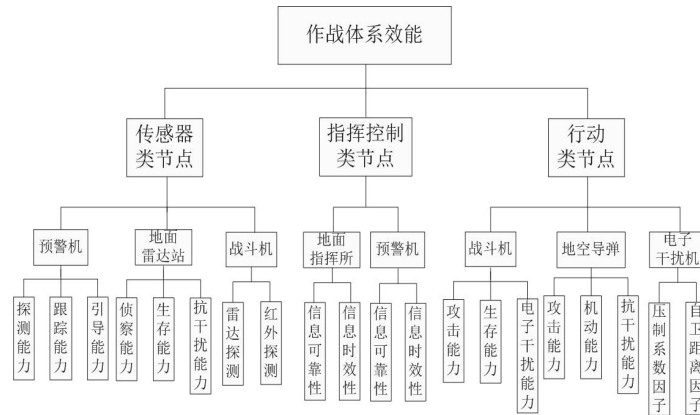


图 3 效能评估指标体系

Fig.3 Index system of efficiency evaluation

整个作战体系效能评估模型如下: $E = \omega_s E_s + \omega_c E_c + \omega_A E_A$ (1)

式中, E 为作战体系的效能, E_s 为传感器类节点效能, E_c 为指挥控制类节点效能, E_A 为行动类节点效能, ω_s 、 ω_c 和 ω_A 为相应权重, 且 $\omega_s + \omega_c + \omega_A = 1$ 。

2.1 传感器类节点效能

传感器类装备主要包括预警机、地面雷达站和战斗机,从发挥功能的角度考虑其效能建模如下:

$$E_s = \omega_{SAWACS} E_{SAWACS} + \omega_{SR} E_{SR} + \omega_{SF} E_{SF} \quad (2)$$

式中, E_{SAWACS} 为预警机效能, E_{SR} 为地面雷达站效能, E_{SF} 为战斗机作为传感器类节点的效能。

2.1.1 预警机效能模型 预警机发挥传感器节点功能,根据文献[6~7],从探测能力、跟踪能力、引导能力三个方面来确定,建模如下: $E_{SAWACS} = \ln(1 + A_D + A_T + A_G)$ (3)

式中, A_D 为探测能力因子; A_T 为跟踪能力因子; A_G 为引导能力因子。

1) 探测能力因子模型:

$$A_D = \begin{cases} \frac{K \times D_r \times \theta_r}{r(t)}, & r(t) \leq D_r \\ 0, & r(t) > D_r \end{cases} \quad (4)$$

式中, K 为雷达体制系数; D_r 为雷达最大探测距离; θ_r 为雷达搜索总方位角, $r(t)$ 为目标与计算点的距离。

2) 跟踪能力因子模型: $A_T = \frac{m \times P_T}{r(t)}$ (5)

式中, m 为可同时跟踪的目标数; P_T 为准确跟踪目标的概率。

3) 引导能力因子模型: $A_G = \frac{n \times P_G}{r(t)}$ (6)

式中, n 为可同时引导作战飞机数; P_G 为成功引导作战飞机的概率,其模型可参见文献[7]。

2.1.2 地面雷达站效能模型 雷达站的主要任务就是在保证自身存活的前提下,探测、传输敌方目标,将雷达的侦察能力、生存能力和抗干扰能力作为指标建立模型[8]:

$$E_{SR} = \ln(1 + C_{GR} \cdot B_{GR} \cdot F_{GR}) \quad (7)$$

式中, C_{GR} 为侦察能力因子, B_{GR} 为生存能力因子, F_{GR} 为抗干扰能力因子。

1) 侦察能力因子:

$$C_{GR} = \left[\left(1 + \frac{C_{GRA}}{r_1^2(t)}\right)^{4+0.47} - 1 \right] \left[\left(1 + C_{GRB}\right)^{4+0.06} - 1 \right] \left[\left(1 + C_{GRC}\right)^{4+0.235} - 1 \right] \left[\left(1 + C_{GRD}\right)^{4+0.235} - 1 \right] \quad (8)$$

式中, C_{GRA} 为探测距离, C_{GRB} 为测量精度, C_{GRC} 为分辨力, C_{GRD} 为目标识别能力。

$$2) \text{ 生存能力因子: } B_{GR} = 0.4B_{GRA} + 0.4B_{GRB} + 0.1B_{GRC} + 0.1B_{GRD} \quad (9)$$

式中, B_{GRA} 为隐形能力, B_{GRB} 为机动能力, B_{GRC} 为抗毁伤能力, B_{GRD} 为毁伤后修复能力。

$$3) \text{ 抗干扰能力因子: } F_{GR} = F_{GRA} \times F_{GRB} \quad (10)$$

式中, F_{GRA} 为抗电磁干扰能力, F_{GRB} 为抗自然干扰能力。

2.1.3 战斗机作为传感器效能模型 战斗机的机载探测设备主要考虑雷达和红外搜索跟踪装置, 为武器系统的瞄准、跟踪和射击提供重要支撑, 模型建立如下^[9]: $E_{SF} = \ln(1 + A_{DR} + A_{DIR})$ (11)

式中, A_{DR} 为雷达探测能力因子; A_{DIR} 为红外探测能力因子。

1) 雷达探测能力因子模型:

$$A_{DR} = \begin{cases} \frac{S_{TR}^2 \times \frac{\theta(t)}{2\pi} \times P_{TR} \times K_2 \times (m_{r1} \times m_{r2})^{0.05}}{r_2^2(t)}, & 0 < r_2(t) \leq S_{TR}, \theta(t) \leq \theta_R \\ 0, & r_2(t) > S_{TR} \text{ 或 } \theta(t) > \theta_R \end{cases} \quad (12)$$

式中, S_{TR} 为雷达最大发现目标距离; θ_R 为雷达搜索总方位角; P_{TR} 为雷达发现目标概率; K_2 为雷达体制衡量系数, 圆锥扫描雷达 $K_2=0.6$, 单脉冲雷达 $K_2=0.8$, 脉冲多普勒雷达 $K_2=1$; m_1 为同时跟踪目标数量; m_2 为同时允许攻击目标数量。

2) 红外探测能力因子模型:

$$A_{DIR} = \begin{cases} \frac{S_{IR}^2 \times \frac{\theta_{IR}(t)}{2\pi} \times P_{IR} \times K_2' \times (m_{ir1} \times m_{ir2})^{0.05}}{r_2^2(t)}, & 0 < r_2(t) \leq S_{IR}, \theta(t) \leq \theta_{IR} \\ 0, & r_2(t) > S_{IR} \text{ 或 } \theta(t) > \theta_{IR} \end{cases} \quad (13)$$

式(13)与式(12)中的参数意义基本一致, 其中 K_2' 为红外体制衡量系数, 多元固定式探测装置 $K_2'=0.6$, 搜索跟踪装置 $K_2'=1$ 。

2.2 指挥控制类节点效能

指挥控制类节点主要为地面指挥所和预警机组成, 由指挥人员根据收集的信息做出决策, 并指挥行动类节点进行攻击, 所以从信息传输的可靠性(误包率)和信息传输的时效性(指挥员的反应时间)来建立模型^[10,11]:

$$E_c = \ln\left(1 + \frac{1}{PER_n(\gamma)}\right) \quad (14)$$

式中, $PER_n(\gamma)$ 为信息传输误包率, γ 为信噪比。

1) 信息传输误包率

$$PER_n(\gamma) = \begin{cases} 1 & 0 < \gamma < \gamma_{pn} \\ a_n \exp(-b_n \gamma), & \gamma \geq \gamma_{pn} \end{cases} \quad (15)$$

式中, γ_{pn} 为截止信噪比, a_n 和 b_n 为常系数。

2) 信噪比

$$\gamma = 100 - (32.44 + 20 \lg r_2(t) + 20 \lg P) \quad (16)$$

式中, $r_2(t)$ 为传输节点之间的距离, P 为发射功率。

3) 指挥员的反应时间

$$T = k \log_2(n+1) + \tau_m \quad (17)$$

式中, k 为常数, n 为信息量个数, τ_m 为运动时间(一般为 30~100 ms)。

2.3 行动类节点效能

行动类节点主要对敌进行攻击任务, 攻击任务不仅包括直接火力的硬打击还包括降敌功能的软打击, 所以从战斗机、地空导弹和电子干扰机三个方面进行建模:

$$E_A = \omega_{AF} E_{AF} + \omega_{AM} E_{AM} + \omega_{AE} E_{AE} \tag{18}$$

式中： E_{AF} 为战斗机作为行动类节点的效能， E_{AM} 为地空导弹效能， E_{AE} 为电子干扰机效能。

2.3.1 战斗机作为行动类节点的效能模型 战斗机作为空战的攻击主体，主要考虑攻击能力、生存能力和电子干扰能力，模型建立如下： $E_{AF} = \omega_{AFW} E_{AFW} + \omega_{AFE} E_{AFE} + \omega_{AFS} E_{AFS}$ (19)

式中， E_{AFW} 为攻击能力； E_{AFE} 为电子干扰能力； E_{AFS} 为生存能力。

1) 攻击能力

由于现代空战主要作战方式为超视距空战，因此主要武器为中距空空导弹。据此建立攻击能力模型如下^[12]： $E_{AFW} = \ln(1 + A_M)$ (20)

式中， A_M 为导弹的攻击能力因子。

导弹的攻击能力因子模型为：

$$A_M = \begin{cases} N \times r_{\max} \times P_K \times \frac{\varphi}{2\pi} \times \frac{n_{\max} \times \frac{\omega_{\max}}{35} \times \frac{\psi}{20} \times K_D}{r_2(t)}, & r_{\min} \leq r_2(t) \leq r_{\max}, \theta(t) \leq \psi \\ 0, & r_2(t) > r_{\max} \text{ 或 } r_2(t) < r_{\min} \text{ 或 } \theta(t) > \psi \end{cases} \tag{21}$$

式中， N 为导弹的数量； P_K 为单发导弹杀伤概率； φ 为导弹攻击范围角； n_{\max} 为导弹的最大可用过载； ω_{\max} 为导弹的最大跟踪角速度； ψ 为导弹的离轴发射角； K_D 为制导方式的修正系数，指令修正+惯导+半主动雷达末制导 $K_D=1$ ，指令修正+惯导+主动雷达末制导 $K_D=1.5$ ； r 为载机与计算点的距离； r_{\max} 为导弹最大发射距离； r_{\min} 为导弹最小发射距离； $\theta(t)$ 为我机相对计算点的提前角。

2) 电子干扰能力

针对电子干扰机的特性，建立电子干扰能力模型^[13]： $E_{AFE} = \ln(1 + A_{DIS})$ (22)

式中， A_{DIS} 为电子干扰能力因子。

电子干扰能力因子模型为：

$$A_{DIS} = \begin{cases} \frac{P_j \times G_j \times \theta' \times \Omega \times n \times P_f \times K_E}{\Delta t_j \times (\Delta f + \Delta \theta) \times r(t)}, & \theta(t) \leq \theta' \\ 0, & \theta(t) > \theta' \end{cases} \tag{23}$$

式中， P_j 为干扰机的发射功率； G_j 为干扰天线增益； θ' 为天线的波束宽度； Ω 为天线波束在空间的最大指向范围； n 为多个雷达的干扰能力，即雷达干扰系统同时进行有效干扰不同雷达的数量； P_f 为干扰机的频率范围对被干扰雷达的频率范围覆盖率； Δt_j 为引导时间，即干扰机从接收到威胁雷达信号到发射射频干扰信号的时间； Δf 为频率引导误差； $\Delta \theta$ 为方位引导误差，二者之和为引导误差； K_E 为增益系数。文中假设雷达压制区的轴线与飞机轴线同方向。

3) 生存能力

飞机生存能力是指飞机躲避或承受人为敌对环境的能力，构建生存能力模型如下^[14]：

$$E_{AFS} = \ln(1 + A_S) \tag{24}$$

式中， A_S 为生存能力因子。

生存能力因子模型： $A_S = (\frac{10}{W} \times \frac{15}{L} \times \frac{5}{RCS}) \times (1 - \frac{A_{vi}}{A_v})$ (25)

式中， W 为飞机的翼展； L 为飞机的全长； RCS 为飞机的雷达有效反射面积； A_{vi} 为飞机表面易损性部件面积； A_v 为飞机的表面积。

2.3.2 地空导弹的效能模型 地空导弹作为地面防空火力的行动类节点，主要从攻击能力、抗干扰能力和机动性能力三个方面构建模型如下^[15,16]： $E_{AM} = \omega_{AS} E_{AS} + \omega_{AR} E_{AR} + \omega_{AMA} E_{AMA}$ (26)

式中： E_{AS} 为攻击能力因子， E_{AR} 为抗干扰能力因子， E_{AMA} 为机动性能力因子。

1) 攻击能力模型： $E_{AS} = \ln[1 + ((\frac{10K_1}{T_r}) \bullet K_L \bullet F_R \bullet p)^a]$ (27)

式中： T_r 为武器反应时间， K_L 为杀伤区因子， F_R 为火力强度因子， p 为单发杀伤概率因子， K_1

和 α 为常系数。

$$2) \text{ 抗干扰能力模型: } E_{AR} = \ln(1 + (S \cdot T \cdot G)^\beta) \tag{28}$$

式中: S 为搜索因子, T 为跟踪因子, G 为指导因子, β 为常系数。

$$3) \text{ 机动性能力模型: } E_{AMA} = \ln[1 + ((\frac{15}{D_i} + \frac{6}{W_i})^{\mu_1}) \cdot (\frac{V_{\max}}{25})^{\mu_2} \cdot (\frac{MR}{500})^{\mu_3})^{\mu_4}] \tag{29}$$

式中: D_i 为展开时间, W_i 为回收时间, V_{\max} 为最大速度, MR 为最大移动距离, $\mu_i(i=1,2,3,4)$ 为常系数。

2.3.3 电子干扰机效能模型 电子干扰机对敌攻击方式主要是压制干扰敌方的雷达探测系统, 影响敌方武器系统的发现能力和攻击精度。主要从压制系数和自卫距离考虑建立模型^[17]:

$$E_{AE} = \omega_{AES} E_{AES} + \omega_{AED} E_{AED} \tag{30}$$

式中, E_{AES} 为压制系数因子, E_{AED} 为自卫距离因子。

$$1) \text{ 压制系数因子: } E_{AES} = \ln(1 + (\frac{P_j}{P_s})_{\min}) \tag{31}$$

式中, P_j 为受干扰雷达输入端的干扰信号功率, P_s 为受干扰雷达输入端的目标回波信号功率。

$$2) \text{ 自卫距离因子: } E_{AED} = \ln(1 + \frac{P_t G_t \sigma A_r D}{(4\pi)^2 R(t)^4 L_r L_r} F^2(\alpha)) \tag{32}$$

式中, P_t 为雷达发射脉冲功率 (W), G_t 为雷达发射天线增益, σ 为目标的 RCS 有效值 (m^2), D 为雷达天线增益, A_r 为雷达接收天线有效接收面积 (m^2), D 为雷达天线增益, L_r 为雷达发射损耗因子, L_r 为雷达接收损耗因子, $F(\alpha)$ 为电磁波传播损耗因子。

2.4 权重的确定

ω_i 均为相应的权重, 权重的确定采用信息熵法^[6,18], 信息熵法确定权重的步骤如下所示:

步骤一 确定目标函数的属性个数 m , 方案个数 n , 通过专家打分法确定决策矩阵 A , 并进行归一化处理, 得到矩阵 $D=(d_{ij})_{n \times m}$ 。

$$\text{步骤二 计算各属性输出的信息熵: } E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n d_{ij} \ln d_{ij}, \quad j=1,2,\dots,m \tag{33}$$

$$\text{步骤三 计算属性权重向量 } \omega_j: \quad \omega_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{k=1}^m (1 - E_k)}, \quad j=1,2,\dots,m \tag{34}$$

将不同的空战态势作为方案个数, 计算得到的权重依次为: $\omega_s=0.2274$ 、 $\omega_c=0.2875$ 、 $\omega_A=0.4851$ 、 $\omega_{SAWACS}=0.3299$ 、 $\omega_{SR}=0.4118$ 、 $\omega_{SF}=0.2583$ 、 $\omega_{AF}=0.4527$ 、 $\omega_{AM}=0.3575$ 、 $\omega_{AE}=0.1898$ 、 $\omega_{AFW}=0.5842$ 、 $\omega_{AFE}=0.2292$ 、 $\omega_{AFS}=0.1866$ 、 $\omega_{AS}=0.5938$ 、 $\omega_{AR}=0.2406$ 、 $\omega_{AMA}=0.1656$ 、 $\omega_{AES}=0.5397$ 、 $\omega_{AED}=0.4603$ 。

3 仿真分析

以我方指挥所为中心原点建立坐标体系 (x, y, z 分别为坐标三个轴向), 假设我方有两个地面雷达和地空导弹阵地, 且对称的位于坐标体系的 X 轴和 Y 轴, 我方战斗机编队、预警机和电子干扰机初始位置一致, 速度不同, 敌方机群编队位于离我方机群编队 80 km 外相向飞行, 不同节点的坐标及速度信息如下表 1 所示:

表 1 作战体系各节点及敌方初始信息

Table 1 Combat system nodes and the enemy initial information

节点名称 Node name	初始信息 Initial information			
	X/km	Y/km	Z/km	V/m·s ⁻¹
指挥所	0	0	0	0
预警机	7	7	12	240
地面雷达1	10	0	0	0
地面雷达2	0	10	0	0
我方战斗机编队	7	7	10	400
地空导弹1	14	0	0	0
地空导弹2	0	14	0	0
电子干扰机	7	7	11	240
敌方战斗机编队	64	64	10	400

根据表1中的信息,利用本文所提方法进行仿真,得到各类节点以及作战体系的作战效能变化曲线,如图4,5所示:

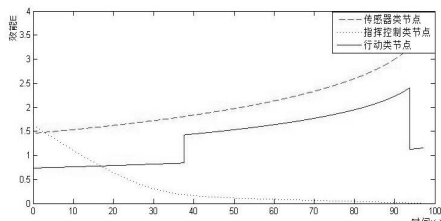


图 4 各类节点效能随时间的变化关系曲线

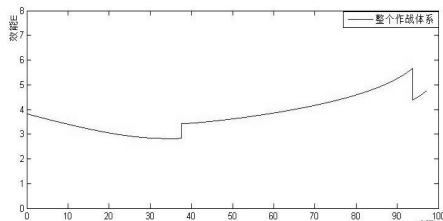


图 5 总效能随时间的变化关系曲线

Fig.4 Curves of efficiency changing with the time Fig.5 Curve of total efficiency changing with the time

图4中,三条曲线分别代表传感器类节点、指挥控制类节点和行动类节点的效能随时间的变化情况,从中可以看出随着时间的增加,传感器类节点效能是增加的,因为受装备本身的探测距离限制,前段增加较缓慢,后段随着距离的接近,探测效果明显提高,呈现出效能快速增加的现象;指挥控制类节点效能是减小的,随着指挥所与作战飞机距离的增加,受干扰的影响,效能会快速减小,到达一定距离后,效能值基本为0;行动类节点效能是呈现跳跃式增加和减小的,作战飞机武器的发射是有一定的距离限制的,大于或者小于这个距离,其都不能有效发挥作用。

图5可以看到整个作战体系的效能是先减小,后增加,再减小的。在初始阶段指挥协同能力较好,随着时间的增加,传感器类节点、指挥控制类节点和行动类节点效能发生变化,在接近40 s到90 s之间为我方作战体系的最佳作战范围,信息流形成最快,90 s后由于指挥控制协同能力的降低,敌我双方飞机距离的明显接近,我方优势不再明显,使得效能值减小与实际作战情况相符合。

4 结论

根据信息流动的特性,将作战兵力划分为传感器类节点、指挥控制类节点和行动类节点。对每类节点分别建立效能评估模型,进而对单类节点以及综合三类节点效能进行实时动态分析,最终得到作战时我方的优势区间。通过仿真算例对文中所提方法进行了验证,结果符合作战实际,达到了为作战决策提供实时数据支撑的目的,同时为体系作战效能评估提供了一种新思路和新方法。

参考文献

- [1] 刘奎,陈浩.空中进攻作战信息流动态效能分析[J].计算机仿真,2014,31(3):78-82
- [2] 魏继才,张静,杨峰,等.基于仿真的武器装备体系作战能力评估研究[J].系统仿真学报,2007,19(21):5093-5097
- [3] 杨雪,陈新,辛文彦,等.空军武器装备体系作战效能分析[J].火力与指挥控制,2002,27(4):59-62
- [4] 赵文婷.防空导弹网络化体系作战效能评估指标[J].现代防御技术,2013,41(2):6-29
- [5] 潘书山,马大为,李志刚,等.混合类型防空体系作战效能分析的排队网络方法[J].兵工学报,2006,27(5):862-864
- [6] 郭辉,徐浩军,刘凌.基于区间数的预警机作战效能评估[J].系统工程与电子技术,2010,32(5):1007-1010
- [7] 张毅,姜青山.基于分层TOPSIS法的预警机效能评估[J].系统工程与电子技术,2011,33(5):1051-1054
- [8] 尹航,李少洪,李良驯.侦察雷达效能模型研究[J].系统工程与电子技术,2004,26(2):206-276
- [9] Barton DK. Radar system analysis and modeling[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007:284-307
- [10] 郑保华,张兆峰,方光统,等.作战系统指控协同效能的影响因素分析[J].火力与指挥控制,2012,37(7):70-73
- [11] 袁东风,张海刚.LDPC码理论与应用[M].北京:人民邮电出版社,2008:182-184
- [12] 金镭,张曙光,孙金标.现代战斗机空战能力评估及敏感性分析[J].北京航空航天大学学报,2009,35(1):82-86
- [13] Sarkar TK, Wang H, Adve RS. A deterministic least squares approach to space time adaptive processing(STAP)[J]. IEEE TransAntennas Propagat, 2001,49(1):91-103
- [14] Ball E. The Fundamentals of aircraft combat survivability analysis and design[M].New York: American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, 1985:100-131
- [15] 段立波,任苏明,徐万里,等.指数法在地空导弹区域防空体系效能评估中的运用[J].弹箭与制导学报,2005,25(3):439-447
- [16] 王君,周林,雷虎民,等.中远程地空导弹系统效能评估模型[J].系统仿真学报,2010,22(7):1761-1772
- [17] 罗波,毕义明,李马成,等.弹载电子干扰机作战效能仿真评估[J].兵工自动化,2010,29(12):28-30
- [18] 郭亚军.综合评价理论、方法及应用[M].北京:科学出版社,2008:77-78